

POTENCIAL DE SISTEMAS DESECANTES BASADO EN EL CLIMA Y EN EL TIPO DE EDIFICIO

MARTÍNEZ CASTILLO, José Carlos ⁽¹⁾; MARTINEZ BELTRÁN, Pedro Juan ⁽¹⁾

pjuan.martinez@umh.es

⁽¹⁾Universidad Miguel Hernández de Elche, Departamento de Ingeniería Mecánica y Energía

RESUMEN

Los sistemas de climatización basados en ciclos desecantes proporcionan ciertas ventajas relativas a la gestión de las cargas térmicas o a la posibilidad de incorporar fuentes de energías renovables o calor residual. Sin embargo, diversas fuentes apuntan la necesidad de dedicar esfuerzos en I+D para el desarrollo de estos sistemas.

En la bibliografía se encuentran diversos estudios sobre el impacto de las condiciones climatológicas en el funcionamiento de este tipo de sistemas. Además son diversos los estudios que enmarcan el análisis de estos sistemas en climas cálidos y húmedos. Por otro lado, también se pueden encontrar diversos artículos que estudian las distintas configuraciones posibles o el efecto de la variación de distintos parámetros de control sobre el rendimiento de la instalación. Sin embargo, son escasos los estudios comparativos sobre el comportamiento de los sistemas desecantes cuando se centra la atención en la interacción con el uso y tipología del edificio que se pretende climatizar.

En el presente trabajo se estudia el funcionamiento de un sistema de climatización híbrido que incorpora una rueda desecante para el tratamiento de la carga latente. Se simulará el comportamiento del sistema unido a distintas tipologías de edificio en los que el nivel de carga latente es elevado. Además, se han introducido las condiciones climáticas de distintas localizaciones españolas con el fin de cubrir las distintas zonas climáticas referenciadas en el CTE DB HE1.

Palabras clave: Desecante, ciclo Pennington, TRNSYS

1. Introducción

En los últimos años el aumento de exigencias en las condiciones de confort ha incentivado la instalación de sistemas de aire acondicionado que cubran las cargas térmicas de los edificios. Los sistemas de climatización convencionales, basados en ciclos de compresión de vapor, funcionan haciendo pasar una corriente de aire a través de un serpentín frío, con una temperatura superficial por debajo de la temperatura de rocío del aire. De esta manera se consigue enfriar y deshumectar y vencer así las cargas sensible y latente de una estancia o edificio. Sin embargo, esta técnica puede resultar poco efectiva a la hora de controlar la humedad ya que suele predominar el control de la carga sensible frente a la latente.

Por otro lado, el aumento de la concienciación sobre la necesidad de reducir el consumo de energía y las emisiones de gases de efecto invernadero, ha puesto en el punto de mira a los sistemas convencionales de refrigeración como grandes consumidores de energía en los países desarrollados, incluso en aquellos con carga de calefacción predominante. Por ello, en los últimos años se están haciendo grandes esfuerzos en investigación y desarrollo de nuevos sistemas de climatización que sean capaces de provechar fuentes de energía residual o renovable para satisfacer las exigencias de confort, ya sea en invierno o en verano.

En esta dirección, los sistemas de climatización desecantes de ciclo abierto han sido investigados extensamente durante las últimas décadas [1,2]. Estos son capaces de actuar sobre la humedad y la temperatura o sobre la humedad únicamente, con lo que sería necesario complementarlo con un sistema de refrigeración que cubra la carga sensible. De esta forma, se conseguiría una mejor gestión de las cargas internas.

Los sistemas desecantes cuentan también con la ventaja de necesitar para su regeneración niveles de energía térmica a baja temperatura, lo que los hace susceptibles de ser integrados en sistemas de climatización mediante energías renovables como la solar térmica, o aprovechar fuentes residuales térmicas de procesos industriales. Este aspecto es el que ha incentivado la mayor parte de la investigación en los últimos años. Sin embargo, diversos autores apuntan la necesidad realizar un mayor esfuerzo en investigación y desarrollo de estos sistemas, y de su difusión entre empresas e instaladores.

En la bibliografía encontramos diversos estudios sobre el impacto de las condiciones climatológicas en el funcionamiento de este tipo de sistemas. El-Agouz y Kabeel [3] estudiaron el comportamiento de un sistema de climatización mediante ciclos desecantes para 4 zonas climáticas diferentes. Además son diversos los estudios que enmarcan el análisis de estos sistemas en climas cálidos y húmedos [4] (El Hourani et al., 2014). Por otro lado, también se pueden encontrar diversos artículos que estudian las distintas configuraciones posibles o el efecto de la variación de distintos parámetros de control sobre el rendimiento de la instalación [5] (Angrisani et al., 2013). Sin embargo, son escasos los estudios comparativos sobre el comportamiento de los sistemas desecantes cuando se centra la atención en la interacción con el uso y tipología del edificio que se pretende climatizar.

2. Objetivos

Los objetivos de este trabajo se pueden enmarcar en una fase inicial del estudio del comportamiento de sistemas desecantes en función de la tipología y uso del edificio objeto, del clima en el que se halla dicho edificio, así como de la configuración del sistema desecante empleado. Así pues tenemos:

1. Definición del edificio objeto, atendiendo a su uso. Son candidatos aquellos edificios en los que se requieran altas tasas de renovación de aire, así como la presencia de una carga latente, ya sea por ocupación u otros motivos. En este trabajo se define un aula universitario para su posterior modelización y estudio.
2. Caracterización de los climas de las diversas zonas climáticas de España. Para ello se elige una ciudad representativa para cada una de las zonas en las que el Código Técnico de la Edificación [6], en su documento básico HE1, divide la geografía española. Los datos horarios

de temperatura y humedad obtenidos a partir del software Meteonorm [7] se utilizarán para establecer que localización es más adecuada para la realización del estudio.

3. Selección de la configuración del sistema desecante que mejor se ajuste en función del edificio tipo y del clima seleccionado.

3. Definición del edificio objeto.

La tipología y el uso van a ser decisivas a la hora de seleccionar el edificio objeto para el presente estudio. Se ha considerado un tipo de edificio en el que, ya sea por ocupación u otras cargas internas, la generación de vapor y las tasas de renovación de aire del recinto sean elevadas y con ellas la carga latente, tanto interna como de ventilación.

En este primer estadio de la investigación, se lleva a cabo el estudio de un aula tipo con un área de 150 m^2 y un ratio de ocupación de $1,5 \text{ m}^2 \cdot \text{persona}^{-1}$. La altura media del aula es de 3,3 m. Con dicha ocupación, si atendemos al Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios [8] se obtiene un caudal de ventilación de $1,25 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Se establecen unas condiciones interiores de 20°C y 50% de humedad relativa en invierno y 25°C y 50% de humedad relativa en verano. Los cerramientos exteriores tienen orientaciones sur y este, ambos con un área de superficie acristalada del 50%. Los cerramientos norte y oeste, así como los forjados de suelo y techo se consideran adiabáticos.

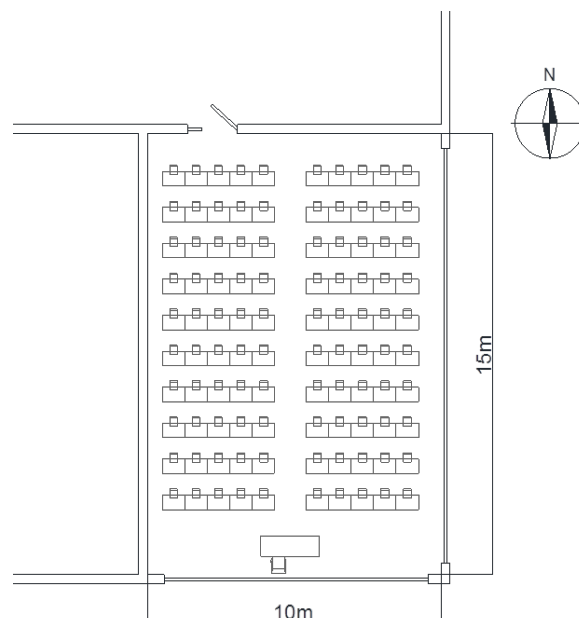


Figura 1. Aula tipo

Para conocer las distintas cargas (internas y externas, latentes y sensibles) se utilizará el software TRNSYS [9], este programa permite simular el comportamiento termodinámico del edificio durante un periodo de tiempo establecido por el usuario. Las condiciones exteriores pueden definirse de dos formas:

1. Haciendo uso de archivos de datos climatológicos horarios como los proporcionados por Meteonorm, lo que nos permitiría, por ejemplo, caracterizar el comportamiento del edificio durante un año meteorológico tipo.
2. Introduciendo las condiciones ambientales como parámetros fijos. De esta forma, haciendo uso de valores de condiciones climáticas para proyectos, se puede realizar el cálculo de cargas del edificio.

En nuestro caso, nos interesa conocer los valores de carga latente y sensible del edificio en condiciones de proyecto, por lo que haremos uso de los valores incluidos en la norma UNE 100.001 sobre condiciones climáticas para proyecto.

Se ha establecido el caudal de ventilación y así como las cargas internas presentes en el aula. Se han seleccionado 2 ubicaciones objeto, una con elevada humedad específica en los meses de verano, Almería, y otra en un clima más seco, Cáceres. Además, se ha definido la composición de los cerramientos y las propiedades de los vidrios, variándola en función de la ubicación para lo que se ha tomado como referencia los valores de transmitancias máximas reflejados en el CTE DB HE1. Las condiciones ambientales exteriores de la norma UNE 100.001 se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Condiciones de proyecto según UNE 100.001

	Verano		Invierno
	T seca (°C)	T húmeda (°C)	T seca (°C)
ALMERÍA	29.6	20.7	4.3
CÁCERES	33.8	18	1.5

Los resultados obtenidos en TRNSYS para ambas ciudades se reflejan en la tabla 2.

Tabla 2. Resultados del cálculo de cargas con TRNSYS

	ALMERÍA	CÁCERES
Calefacción		
Sensible Total	25,4 kW	28,2 kW
Sensible de Ventilación	22,4 kW	24,9 kW
Refrigeración		
Total	28,8 kW	23,1 kW
Sensible Total	17,1 kW	23,1 kW
Sensible de Ventilación	6,6 kW	12,7 kW
Latente Total	11,7 kW	-5,5 kW
Latente de Ventilación	6 kW	-12,2 kW

En el caso de Cáceres se observa que la carga latente interna generada por los ocupantes del recinto es compensada con la ventilación con aire exterior con una humedad específica menor a la de la estancia. Este hecho provoca que a la hora de obtener la carga total de refrigeración se considere únicamente la carga sensible total. Para Almería se obtiene una carga latente debido a ocupación y ventilación significativa.

4. Caracterización de climas

El Código Técnico de la Edificación asigna a cada localidad del territorio español una zona climática. Se establecen 6 zonas de menor a mayor severidad climática de invierno (α , A, B, C, D y E) y 4 zonas menor a mayor severidad climática de verano (1, 2, 3, 4). A cada ubicación se le asigna una letra de invierno y un número de verano. Se han seleccionado capitales de provincia de cada combinación de zona climática disponible. Las localidades estudiadas son:

- | | | | |
|--------------|-----------------------------|------|-----------|
| - $\alpha 3$ | Las Palmas de Gran Canarias | - C3 | Granada |
| - A3 | Málaga | - C4 | Cáceres |
| - A4 | Almería | - D1 | Santander |
| - B3 | Valencia | - D2 | Logroño |
| - B4 | Alicante | - D3 | Madrid |
| - C1 | Bilbao | - E1 | Burgos |
| - C2 | Barcelona | | |

Los datos climatológicos para cada localidad se obtienen a partir del programa Meteonorm. Dicho software incluye una base de datos de datos climáticos para distintas localidades.

Hausladen et al. [10] sugiere un umbral de $12 \text{ gv} \cdot \text{kgas}^{-1}$ de humedad específica ambiente a partir del cual se considera apropiado la implantación de un sistema desecante. Tomando como referencia dicho umbral, se seleccionan como ubicaciones de referencia Almería y Las Palmas de Gran Canarias. En las figuras 2 y 3 se representan los valores horarios de temperatura y humedad específica de estas localidades sobre un diagrama psicrométrico. Se puede observar que en ambos emplazamientos se registran valores de humedad por encima del valor umbral establecido. Además, contamos con al menos dos meses en verano en el que el valor medio mensual también supera los $12 \text{ gv} \cdot \text{kgas}^{-1}$.

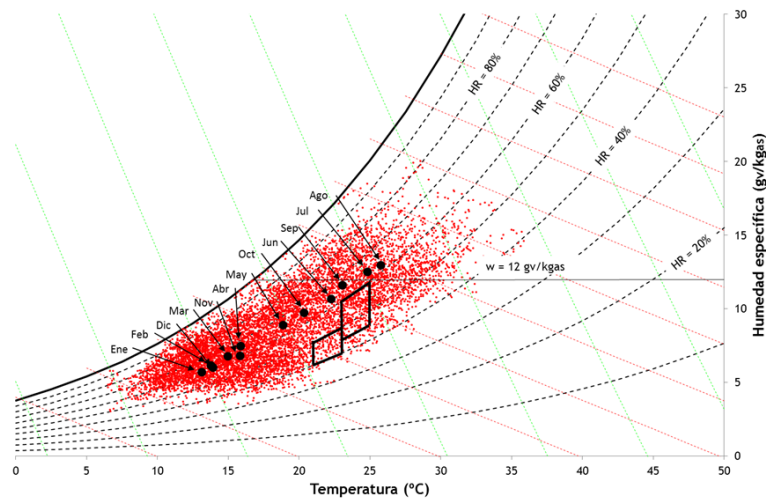


Figura 3. Psicrométrico condiciones ambientales Almería

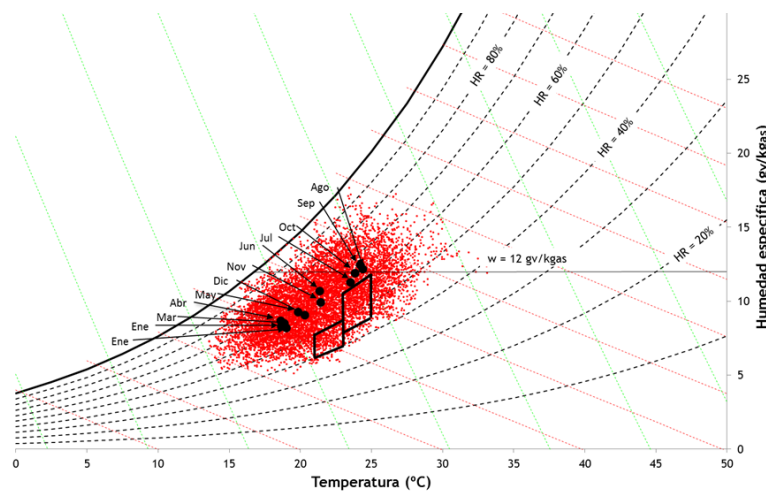


Figura 2. Psicrométrico condiciones ambientales Las Palmas

5. Sistema desecante

El sistema desecante seleccionado deberá ser capaz de vencer la carga latente del edificio objeto, tanto interna como de ventilación. Además, en caso de poder extraer mayor cantidad de agua del aire ambiente de la indispensable para vencer la carga latente, se puede hacer uso de un enfriador evaporativo con el propósito de vencer además parte de la carga sensible.

En este caso, se ha considerado como caso de estudio inicial el ciclo Pennington [11] o de ventilación cuyo esquema se presenta en la figura 4.

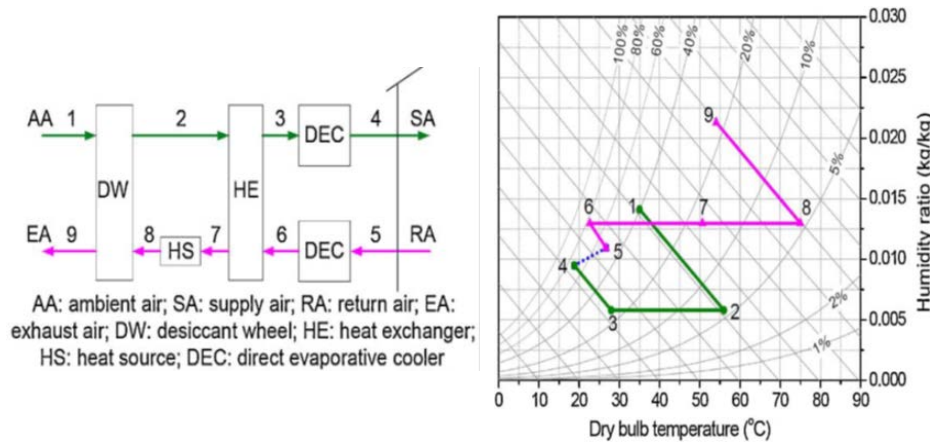


Figura 4. Ciclo Pennington

En este ciclo, el aire de proceso es en su totalidad aire de ventilación. Este se hace pasar por la rueda desecante donde pierde parte de su humedad y gana temperatura. A continuación se hace pasar por el intercambiador de calor donde se enfría mientras cede calor al caudal de aire de regeneración para precalentarlo. Si se considerara oportuno, el aire de proceso puede pasar por un enfriador evaporativo para disminuir su temperatura.

Para comprobar el efecto que un sistema desecante basado en ciclo de Pennington tendría en una tipología de edificio como la seleccionada para este trabajo (aulario) se introduce dicha configuración en TRNSYS y se realiza una simulación de su comportamiento termodinámico. Los parámetros característicos de los distintos componentes (rueda desecante, intercambiador sensible y evaporativo) se han dejado con los valores indicados por TRNSYS, comprobando que están dentro de rangos que concuerden con los parámetros característicos de productos comerciales.

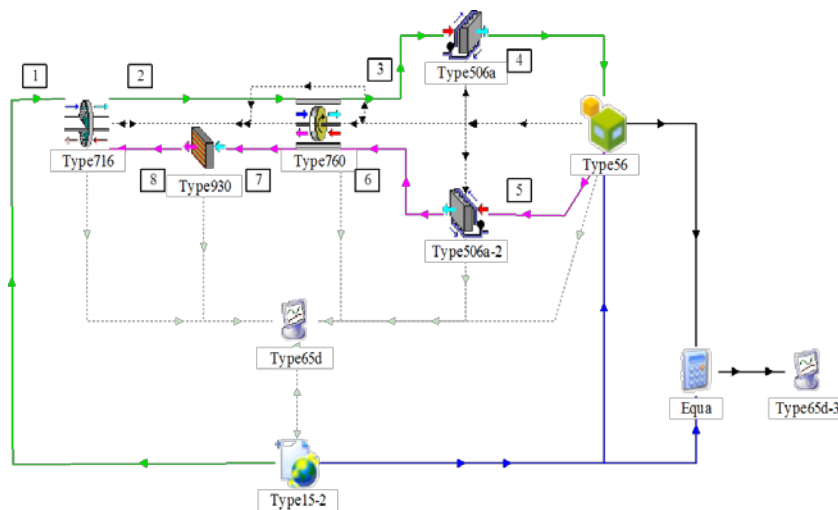
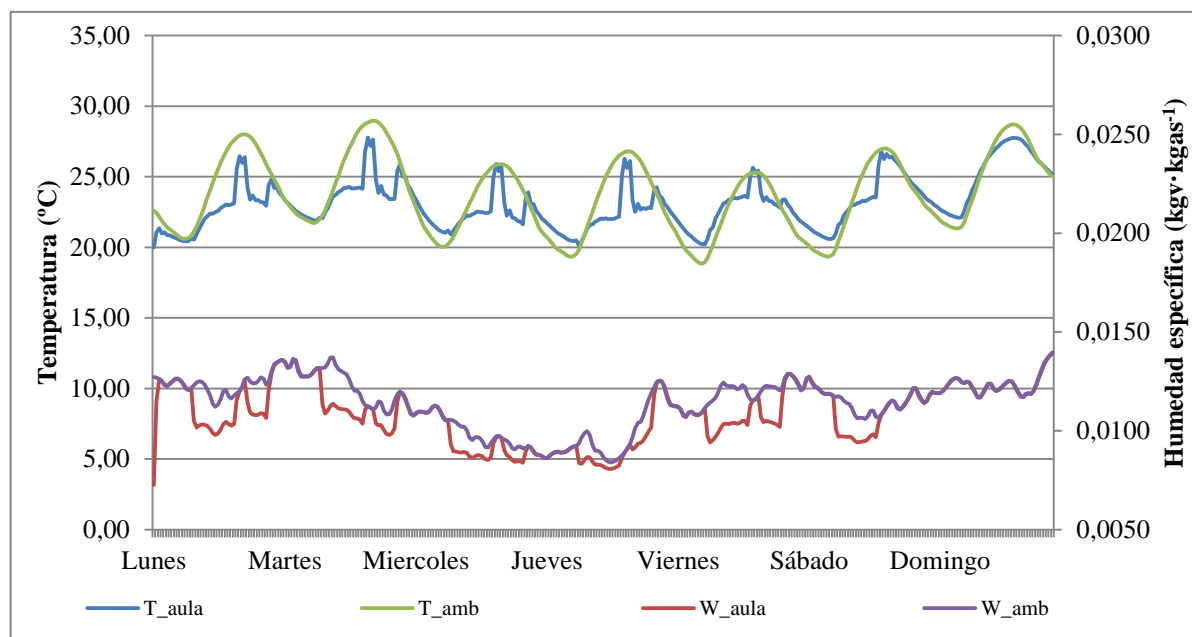


Figura 5. Esquema ciclo Pennington en TRNSYS

La simulación se ha realizado empleando datos climatológicos de la ciudad de Almería, una de las seleccionadas debido a su alta humedad específica durante los meses de verano. En concreto se enmarcado la simulación en la primera semana del mes de julio. El modelo del edificio se ha ajustado en lo referente a transmitancias máximas de cerramientos y factores solares de vidrios a la zona correspondiente a Almería (A4). Además, se han establecido los perfiles de uso correspondientes a un edificio no residencial, con un horario de 12 horas de lunes a viernes y 8 horas los sábados, cómo se establece en el Código Técnico de la Edificación en su documento básico HE1.

La gráfica 1 refleja el comportamiento de la temperatura y humedad interna del aula, así como la temperatura y humedad exterior durante esa semana.



Gráfica 1. Datos de temperatura y humedad específica simulados con TRNSYS

Se puede observar cómo se consigue un descenso de la temperatura del aula de hasta 4°C en algunos casos gracias al sistema híbrido desecante/evaporativo. En el caso de la humedad específica interna se consigue disminuir la cantidad de agua presente en el aire exterior, consiguiendo saltos de 2 gv·kgas⁻¹

6. Conclusiones

Este trabajo pretendía establecer las bases para el posterior estudio del potencial de los sistemas desecantes en función de la tipología de edificio así como del clima en el que se encuentra ubicado.

En una primera etapa del estudio se ha considerado como posible candidato de estudio el caso de un aula debido a la alta ocupación que suelen tener estos edificios que se traduce en altas cargas latentes internas y por ocupación. Se ha definido un aula tipo y se ha caracterizado a nivel térmico para corroborar estas suposiciones para dos localidades, comprobando que en ubicaciones con humedades específicas bajas, la carga latente interna se cubre únicamente con la impulsión de aire exterior dentro del edificio.

Con relación al clima, se han estudiado distintas localidades representativas de las zonas climáticas en las que la normativa vigente divide el territorio español. Se han obtenido los datos horarios gracias a una base de datos reconocida. A partir de estos se han podido obtener los diagramas psicrométricos y así seleccionar aquellos emplazamientos en los que se considera que los sistemas desecantes pueden desempeñar un papel más apropiado a la hora de acondicionar el aire de un recinto.

Por último, se ha estudiado el ciclo Pennington, uno de los esquemas de sistema híbrido desecante/evaporativo más representativo, a través del software de simulación TRNSYS, mostrando que la configuración elegida, aplicada al caso práctico de un aulario en un clima húmedo de la península, es capaz de reducir tanto temperatura como humedad específica del espacio acondicionado.

7. Agradecimientos

Este trabajo se enmarca dentro del proyecto de plan nacional “Estudio para la mejora de instalaciones de energía solar térmica y enfriamiento evaporativo en edificios y centrales termosolares” (ENE2013-48696-C2-1-R.)

8. Referencias

- [1] Ashrae Handbook Fundamentals, Chapter 22, Sorbents and Desiccants.
- [2] Ashrae Handbook System & Equipment, Chapter 22, Desiccant Dehumidification and Prepressure Drying Equipment.
- [3] EL-AGOUZ, S.A., KABEEL, A.E., Performance of desiccant air conditioning system with geothermal energy under different climatic conditions, Energy Conversion and Management, 2014, vol. 88, pp- 464-475.
- [4] EL HOURANI, M., GHALI, K. GHADDAR, N., Effective desiccant dehumidification system with two-stage evaporative cooling for hot and humid climates, Energy and Buildings, 2014, vol. 68, pp. 329-338.
- [5] ANGRISANI, G., ROSELLI, C., SASSO, M. Effect of rotational speed on the performances of a desiccant wheel. Applied Energy, 2013, vol. 104, pp. 268-275.
- [6] Código Técnico de la Edificación, documento básico Ahorro de Energía 1, 2013.
- [7] METEONORM v7.1.3, Meteotest, 2014.
- [8] Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios y sus Instrucciones Técnicas Complementarias, 2007.
- [9] TRNSYS 17 v5.4.0.0, Universidad de Wisconsin Madison, 2012.
- [10] HAUSLADEN et al., Building to suit the climate. A handbook. Birkhauser Verlag AG, 2012.
- [11] PENNINGTON, N.A. humidity changer for air conditioning. USA patent No 2(700):537.